

VALIDACIÓN DE LA METODOLOGÍA E4Rsim

Evaluación del parque edificatorio existente
en función de las instalaciones
seleccionadas y periodo constructivo

Proyecto Final de Grado

Grado en Arquitectura Técnica
Modalidad científico-técnico. Junio 2013
Alumno: Ronaldo Herranz Báez

Taller 42. Eficiencia energética

Tutor: José Luis Vivancos Bono
Dpto. de Proyectos de Ingeniería



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
INGENIERÍA DE
EDIFICACIÓN



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

¿Que es el Proyecto E4R?



- El proyecto **E4R** es un proyecto europeo que tiene como objetivo impulsar y promover la rehabilitación energética de edificios dentro del suroeste europeo (Portugal, España y Francia).
- Se inició en enero de 2011 y finalizó en junio de 2013.
- Está financiado por el programa europeo **Interreg SUDOE**.

¿Que es el Proyecto E4R?



- El proyecto **E4R** es un proyecto europeo que tiene como objetivo impulsar y promover la rehabilitación energética de edificios dentro del suroeste europeo (Portugal, España y Francia).
- Se inició en enero de 2011 y finalizó en junio de 2013.
- Está financiado por el programa europeo **Interreg SUDOE**.
- Entidades asociadas a este proyecto :



- AIDICO. Instituto Tecnológico de la Construcción. Valencia (España)



- ITG. Instituto Tecnológico de Galicia. A Coruña (España)



- INEGI. Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. Porto (Portugal)



Consejería de Fomento, Vivienda
Ordenación del Territorio y Turismo

- Gobierno de Extremadura. Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo. Extremadura (España)



- EIGI. École d'Ingénieurs généralistes. La Rochelle (France)



¿Que es el Proyecto E4R?

E4R se dirige a todos los agentes intervinientes en el sector de la rehabilitación energética, Administración Pública, proyectistas, fabricantes de productos, constructores, instaladores, promotores e incluso a los usuarios finales del edificio.

Dentro del proyecto europeo E4R, se ha desarrollado la herramienta software E4Rsim para cuantificar los ahorros potenciales de energía de los edificios existentes. Se trata de una herramienta **de sencillo manejo** que busca ser utilizada tanto por los técnicos como por los propietarios.

E4Rsim utiliza la información de **bases de datos** (soluciones constructivas, instalaciones y estrategias de adaptación) y **Servicios Web** para simplificar la entrada de datos.



¿Que es el Proyecto E4R?

E4R se dirige a todos los agentes intervinientes en el sector de la rehabilitación energética, Administración Pública, proyectistas, fabricantes de productos, constructores, instaladores, promotores e incluso a los usuarios finales del edificio.

Dentro del proyecto europeo E4R, se ha desarrollado la herramienta software E4Rsim para cuantificar los ahorros potenciales de energía de los edificios existentes. Se trata de una herramienta **de sencillo manejo** que busca ser utilizada tanto por los técnicos como por los propietarios.

E4Rsim utiliza la información de **bases de datos** (soluciones constructivas, instalaciones y estrategias de adaptación) y **Servicios Web** para simplificar la entrada de datos.

- **Herramienta de evaluación de eficiencia energética de edificios**
- **Rehabilitación del espacio SUDOE**

Contenido de la presentación

1. ANTECEDENTES

2. OBJETIVOS

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5. CONCLUSIONES

2. Objetivos

Los objetivos de este trabajo son:

- **Calibrar** e informar de posibles errores o deficiencias de la herramienta de análisis energético **E4Rsim**.
- **Cuantificar** el potencial de **ahorro energético** del parque edificatorio existente en España, concretamente en la parte de instalaciones.
- Obtener resultados del consumo energético con la herramienta software E4Rsim, en función de las instalaciones seleccionadas y el periodo constructivo del edificio.
- **Comparativa de resultados obtenidos** con la herramienta software E4Rsim, en función de las diferentes instalaciones de agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración e iluminación.

3. Metodología de trabajo



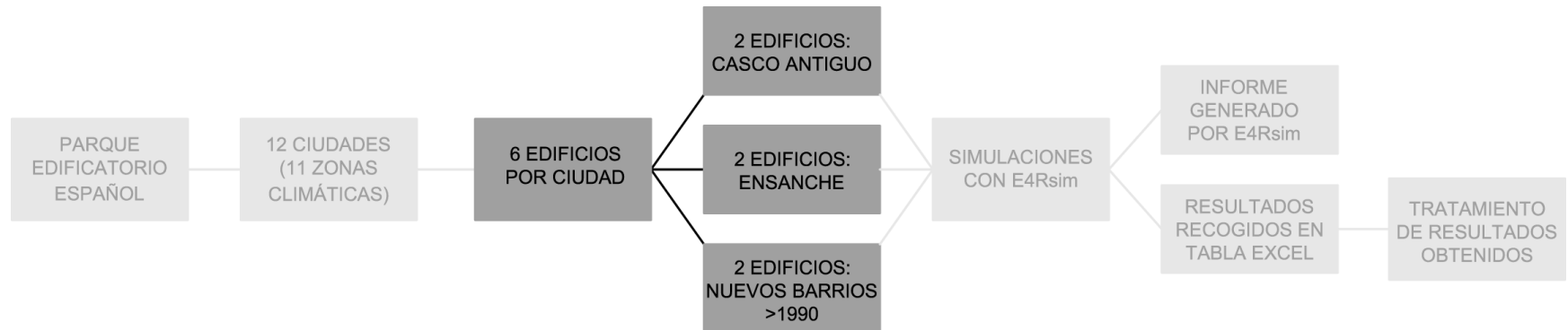
Esquema Metodología de Trabajo

3. Metodología de trabajo



- | | |
|--|---|
| ■ A4 ALMERÍA | ■ C2 BARCELONA |
| ■ A3 CÁDIZ | ■ C1 A CORUÑA / SANTANDER |
| ■ B4 SEVILLA | ■ D3 MADRID |
| ■ B3 VALENCIA | ■ D2 VALLADOLID |
| ■ C4 CÁCERES | ■ E1 BURGOS |
| ■ C3 GRANADA | |

3. Metodología de trabajo



Agrupación E4Rsim	≤ 1900
	$1900 < x \leq 1939$
	$1939 < x \leq 1959$
	$1959 < x \leq 1979$
	$1979 < x < 2006$
	$x \leq 2006$

- Se escogen **6 edificios** por ciudad
- Cada edificio pertenece a un **periodo constructivo**
- Se agrupan los edificios de dos en dos en función del **tipo de barrio**:
 - Casco antiguo
 - Ensanche
 - Nuevos barrios planificados a partir de 1990

3. Metodología de trabajo

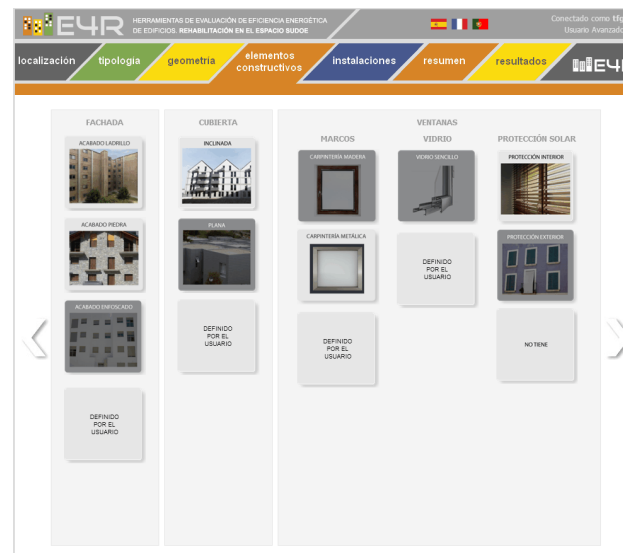


1) Localización

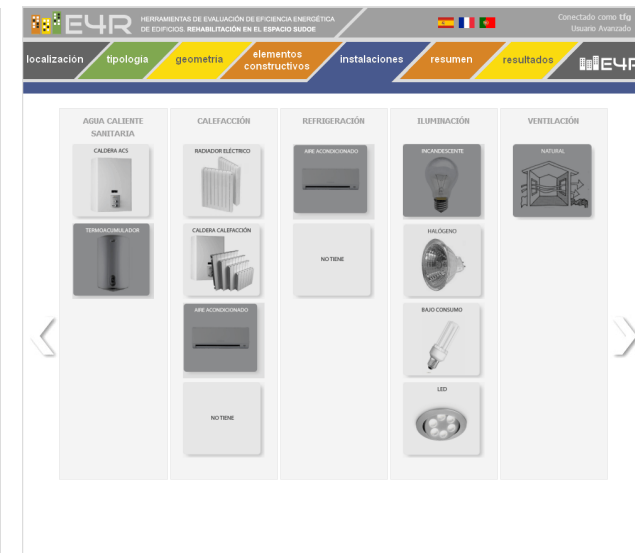
2) Tipología

3) Geometría

3. Metodología de trabajo



4) Elementos constructivos



5) Instalaciones

3. Metodología de trabajo



E4R HERRAMIENTAS DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS: REHABILITACIÓN EN EL ESPACIO BUDOR

localización: CL CISCAR 15 VALENCIA (VALENCIA)
 USO DEL INMUEBLE: Vivienda
 ANTIGÜEDAD: 1900-cx=1939

FACHADA: Enfascado ACS Termo eléctrico
 CUBIERTA: Plana CALEFACCIÓN Aire acondicionado
 MARCOS: Madera REFRIGERACIÓN Aire acondicionado
 VIDRIO: Sencillo ILUMINACIÓN Incandescente
 PROTECCIÓN SOLAR: Exterior VENTILACIÓN Natural

EPW Editar Geometría Simular

6) Resumen envolvente y equipos instalados

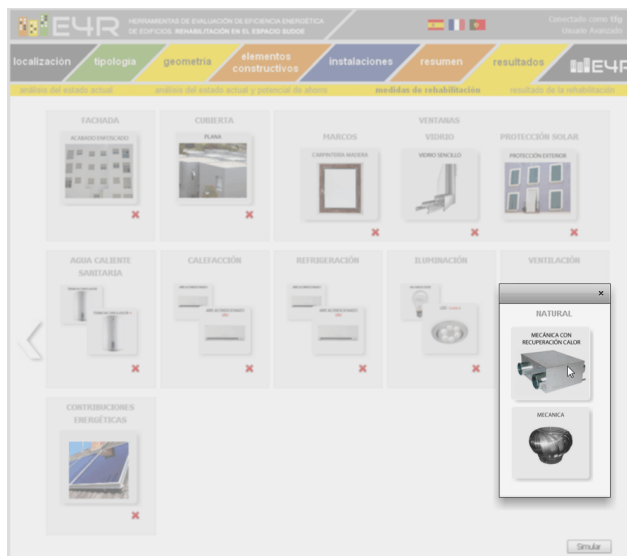


7) Resultado consumo estado actual

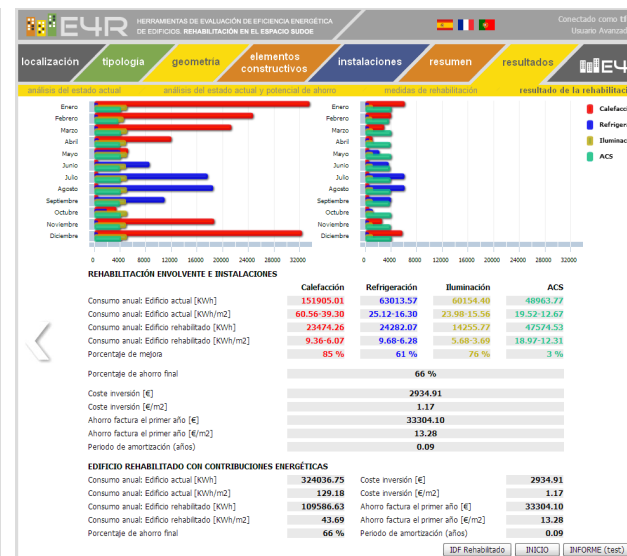
3. Metodología de trabajo



8) Resultados: medidas rehabilitación



9) Resultados: medidas rehabilitación





10) Resultado: consumo rehabilitación

3. Metodología de trabajo



Informe generado con la herramienta E4Rsim

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO				
DATOS GENERALES DEL EDIFICIO				
Nombre del edificio		n/a		
País	España	Comunidad autónoma	n/a	
Provincia	A Coruña	Municipio	A Coruña	CP n/a
Dirección	CL DAMAS 2 A CORUÑA (A CORUÑA)			
Referencia catastral	9223006N4092S			
Año de construcción	1942	Zona climática	C1	
CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EDIFICIO				
Alcance del edificio		Edificio completo		
Ubicación de la planta		n/a		
Uso del inmueble		Vivienda		
Antigüedad		1939<x<=1959		
Radio colindantes		10		
ELEMENTOS QUE HAN SUFRIDO ALGÚN TIPO DE REHABILITACIÓN				
Fachada	No	Vidrios	No	
Cubierta	No	Instalación de calefacción	No	
Medianera	No	Instalación de refrigeración	No	
Cerramiento contacto terreno	No	Instalación de Agua Caliente	No	
RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN				
Tipo de usuario		Anónimo		
EDIFICIO ACTUAL		POTENCIAL TOTAL DE MEJORA		
				
CONSUMO ANUAL [kWh]				
	Calefacción	Refrigeración	Iluminación	ACS
Edificio actual	58772.12	0.00	10277.79	194.54
Potencial total de mejora	29124.46	0.00	2435.70	194.54
% de ahorro	50.40	0.00	76.00	0.00
% de ahorro total	54.54			

11g

13/04/2013

1



Informe generado con la herramienta E4Rsim

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	
GEOMETRÍA	
Número de plantas	4
Superficie útil [m2]	428.5896
IMAGEN 3D DEL EDIFICIO	
INSTALACIONES	
GENERACIÓN DE CALOR	
Generador	Caldera calefacción
GENERACIÓN DE FRÍO	
Generador	No tiene
GENERACIÓN AGUA CALIENTE SANITARIA	
Generador	Caldera ACS
ILUMINACIÓN	
Tipo	Incandescente
VENTILACIÓN	
Tipo	Natural

11g

13/04/2013

Informe generado con la herramienta E4Rsim

RESULTADOS SIMULACIONES					
EDIFICIO ACTUAL			EDIFICIO REHABILITADO		
					
CONSUMO ANUAL [kWh]					
	Calefacción	Refrigeración	Iluminación	ACS	
Edificio actual	58772.12	0.00	10277.79	194.54	
Edificio rehabilitado	4069.02	740.10	2435.70	6074.94	
Porcentaje de mejora	93 %	-Infinity %	76 %	-3023 %	
Porcentaje ahorro final	81 %				
Coste de la inversión	501.45				
Ahorro económico	6391.36				
Amortización	0.08				
MEDIDAS DE MEJORA APLICADAS					
Tipo de mejora		Descripción			
Fachada	n/a	n/a			
Cubierta	n/a	n/a			
Marcos	n/a	n/a			
Vidrio	n/a	n/a			
Protección solar	n/a	n/a			
ACS	Caldera ACS baja temperatura	Caldera ACS baja temperatura			
Calefacción	Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV			
Refrigeración	Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV			
Iluminación	LED	LED			
Ventilación	n/a	n/a			
Muro en contacto con el terreno	n/a	n/a			
Forjado en contacto con el terreno	n/a	n/a			

11g

13/04/2013

0

3. Metodología de trabajo



Localización					Instalaciones Actual					Instalaciones Rehabilitado					Resultados Actual										Resultados Rehabilitado					Impacto energético-económico	
Dirección (separ. dirección de E4Rsim)	Zona Clima	Antigüedad	Radio colón.	m2 útiles	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación	Ventilación	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación	Ventilación	Calef.	Refrig.	Iluminación	ACS	kWh total	Calefacción	Refrigeración	Iluminación	ACS	kWh total	kWh/m2	% Mejora					
VALENCIA																															
Casco Antiguo																															
CL PORTAL VALLDIGNA 3 VALENCIA (VALENCIA)	B3	1959<x<=1979	10	1885,84	No tiene	No tiene	Termo acumulador	Incandescente	Natural	Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV	Termo acumulador +	Led	Natural	0	0	51476,7	41153,28	92629,98	39127,46	12224,74	12199,27	41328,33	104879,8	55,61	-13%					
										Caldera calefacción baja temperatura	Bomba de calor VRV	Caldera ACS baja temperatura	Led	Natural						153556,51	12170,8	12199,27	291,77	178218,35	94,50	-92%					
										Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV	Caldera ACS baja temperatura	Led	Natural						39581,46	12076,03	12199,27	17678,39	81535,15	43,24	12%					
										Caldera calefacción condensación	Sistema inverter	Caldera ACS condensación	Led	Natural						144250,06	13692,15	12199,27	291,77	170433,25	90,38	-84%					
										No tiene	No tiene	Termo acumulador	Led	Natural						0	0	12199,27	41214,3	53413,57	28,32	42%					
										No tiene	No tiene	Termo acumulador	bajo consumo	Natural						0	0	15019,92	41209,33	56229,25	29,82	39%					
CL MARE VELLA 15 VALENCIA (VALENCIA)	B3	1939<x<=1959	10	522,72	No tiene	No tiene	Termo acumulador	Incandescente	Natural	Caldera calefacción baja temperatura	Bomba de calor VRV	Caldera ACS baja temperatura	Led	Natural	0	0	14249,41	13335,25	27584,66	60134,09	6456,79	3376,91	243,06	70210,85	134,32	-155%					
										No tiene	No tiene	Caldera ACS baja temperatura	Led	Natural						0	0	3376,91	7695,59	11072,5	21,18	60%					
										No tiene	No tiene	Caldera ACS condensación	Led	Natural						0	0	3376,91	7229,19	10606,1	20,29	62%					
										No tiene	No tiene	Termo acumulador	Led	Natural						0	0	3376,91	13335,25	16712,16	31,97	39%					
										No tiene	No tiene	Caldera ACS condensación	bajo consumo	Natural						0	0	4157,7	7229,19	11386,89	21,78	59%					
Ensanche																															
CL CISCAR 15 VALENCIA (VALENCIA)	B3	1900<x<=1939	10	2277,44	Aire acondicionado	Aire acondicionado	Termo acumulador	Incandescente	Natural	Caldera calefacción baja temperatura	Bomba de calor VRV	Caldera ACS baja temperatura	Led	Natural	109401,82	58528,19	60154,4	48959,11	277043,52	200784,53	20208,52	14255,77	437,5	235686,32	103,49	15%					
										Caldera calefacción condensación	Sistema inverter	Caldera ACS condensación	Led	Natural						188615,77	22734,59	14255,77	437,5	226043,63	99,25	18%					
										Bomba de calor inverter	Sistema inverter	Caldera ACS baja temperatura	Led	Natural						56562,46	22551,42	14255,77	22321,35	115691	50,80	58%					
										Bomba de calor inverter	Sistema inverter	Caldera ACS condensación	Led	Natural						56562,46	22551,42	14255,77	20968,54	114338,19	50,20	59%					
										Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV	Caldera ACS condensación	Led	Natural						52209,31	20045,71	14255,77	20968,54	107479,33	47,19	61%					
										Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV	Termo acumulador	bajo consumo	Natural						51188,97	20518,82	17551,9	48965,29	138224,98	60,69	50%					
CL BURRIANA 33 VALENCIA (VALENCIA)	B3	1900<x<=1939	10	2151,6	Aire acondicionado	Aire acondicionado	Termo acumulador	Halógeno	Natural	Caldera calefacción baja temperatura	Sistema inverter	Caldera ACS baja temperatura	Led	mecánica recuperación de calor	127948,76	47753,03	52847,32	42999,5	271548,61	80034,92	20674,39	12640,51	437,31	113787,13	52,88	58%					
										Bomba de calor inverter	Sistema inverter	Caldera ACS condensación	Led	mecánica recuperación de calor						20573,66	20529,47	12640,51	19115,71	72859,35	33,86	73%					
										Caldera calefacción condensación	Bomba de calor VRV	Caldera ACS condensación	Led	mecánica recuperación de calor						75184,32	18377,24	12640,51	437,31	106639,38	49,56	61%					
										Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV	Termo acumulador +	Led	mecánica recuperación de calor						18393,08	18443,3	12640,51	41884,3	91361,19	42,46	66%					
										Bomba de calor inverter	Sistema inverter	Termo acumulador +	bajo consumo	Natural						6429,04	18967,45	14925,8	41966,98	82289,27	38,25	48%					
Nuevos Barrios >1990																															
CM MONCADA 96 VALENCIA (VALENCIA)	B3	>2006	10	18457,72	Caldera Calefacción	Aire acondicionado	Termo acumulador	Incandescente	Natural	Caldera calefacción baja temperatura	Sistema inverter	Caldera ACS baja temperatura	bajo consumo	Natural	119799,64	207636,51	442625,53	329672,5	1099734,18	190654,32	128686,46	129149,64	484,93	448975,35	24,32	59%					
										Bomba de calor inverter	Sistema inverter	Caldera ACS condensación	Led	Natural						51755,69	125067,07	104896,19	109975,7	391694,65	21,22	64%					
										Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV	Caldera ACS baja temperatura	Led	mecánica recuperación de calor						1254,62	150749,91	104896,19	117070,9	373971,62	20,26	66%					
										Caldera calefacción condensación	Sistema inverter	Caldera ACS condensación	Led	mecánica recuperación de calor						185412,6	126015,04	104896,19	484,96	416808,79	22,58	62%					

4. Análisis de resultados

Planteamiento análisis de resultados:



- Por ZONA CLIMÁTICA
 - consumo máximo y mínimo de kWh/m²
 - porcentaje máximo y mínimo de ahorro
- Por TIPO DE BARRIO
 - consumo máximo y mínimo de kWh/m²
 - porcentaje máximo y mínimo de ahorro

4. Análisis de resultados

Planteamiento análisis de resultados:

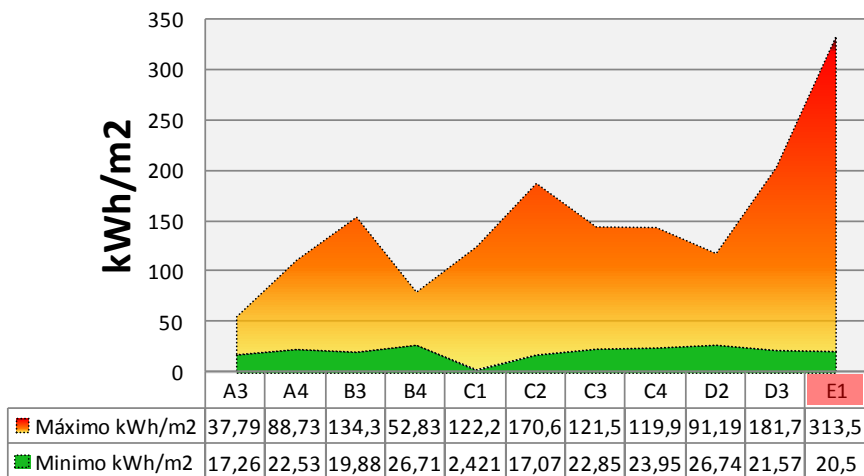
- Por ZONA CLIMÁTICA
 - consumo máximo y mínimo de kWh/m²
 - porcentaje máximo y mínimo de mejora

- Por TIPO DE BARRIO
 - consumo máximo y mínimo de kWh/m²
 - porcentaje máximo y mínimo de mejora

VALENCIA B3	kWh/m2	% mejora	dirección	tipobarrio	antigüedad	INSTALACIONES EDIFICIO REHABILITADO					INSTALACIONES EDIFICIO ORIGEN				
						Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación	Ventilación	Calefacción	Refrigeración	ACS	Iluminación	Ventilación
min	19,88	69%	CM MONCADA 102	nuevos barrios	1979<X<=2006	Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV	Caldera ACS baja temperatura	Led	mecánica recup. de calor	Aire acondicionado	Aire acondicionado	Termo acumulador	Halógeno	Natural
max	134,32	-155%	CL MARE VELLA 16	casco antiguo	1939<X<=1959	Caldera calefacción baja Temperatura	Bomba de calor VRV	Caldera ACS baja temperatura	Led	Natural	No tiene	No tiene	Termo acumulador	Incandescente	Natural
Nº Alternativas						32									
mejora min	43,24	12%	CL PORTAL VALLDIGNA 3	casco antiguo	1959<X<=1979	Bomba de calor VRV	Bomba de calor VRV	Caldera ACS baja temperatura	Led	Natural	No tiene	No tiene	Termo acumulador	Incandescente	Natural
mejora max	33,86	73%	CL BURRIANA 33	ensanche	1979<X<=2006	Bomba de calor inverter	Sistema inverter	Caldera ACS condensación	Led	mecánica recup. de calor	Aire acondicionado	Aire acondicionado	Termo acumulador	Halógeno	Natural
promedio ahorro mejora						34%									
Desviación Típica de la Muestra						52%									

4. Análisis de resultados

Consumos por Zona Climática

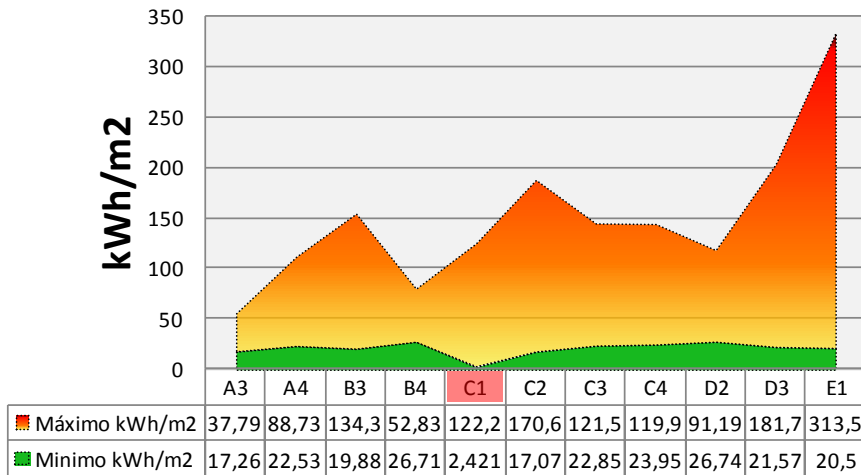


CONSUMO MÁXIMO:

- Zona Climática **E1** (Burgos)
- Compuesto por:
 - caldera baja t^a para ACS
 - sistema inverter para producir calefacción y refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

4. Análisis de resultados

Consumos por Zona Climática



CONSUMO MÁXIMO:

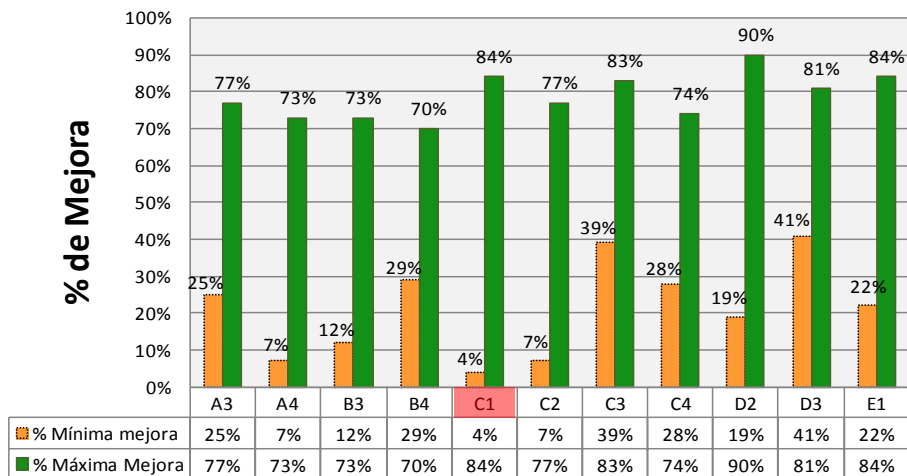
- Zona Climática **E1** (Burgos)
- Compuesto por:
 - caldera baja t^a para ACS
 - sistema inverter para producir calefacción y refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

CONSUMO MÍNIMO:

- Zona Climática **C1** (Santander)
- Compuesto por:
 - caldera condensación para ACS
 - sistema VRV para producir calefacción y refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

4. Análisis de resultados

Mejora por Zona Climática

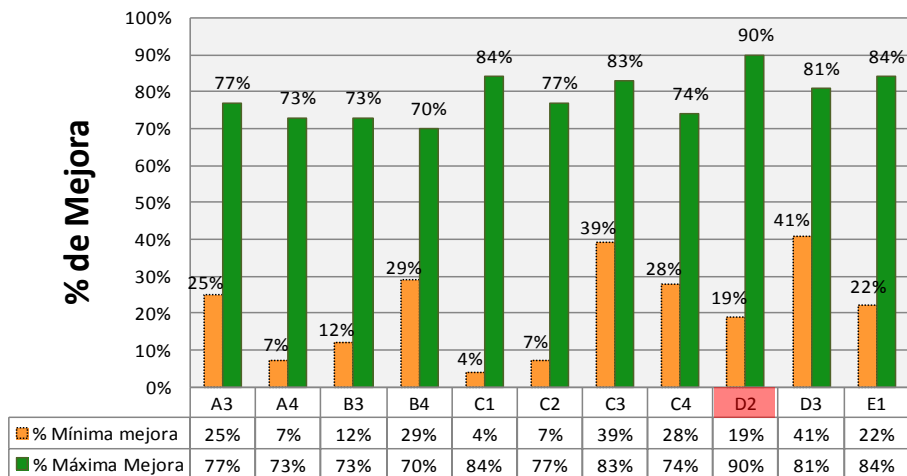


% MÍNIMA MEJORA:

- Zona Climática **C1** (Santander)
- El edificio origen no dispone de calefacción ni refrigeración, instalaciones que se añaden en la rehabilitación, ofrecen un mayor confort.

4. Análisis de resultados

Mejora por Zona Climática



% MÍNIMA MEJORA:

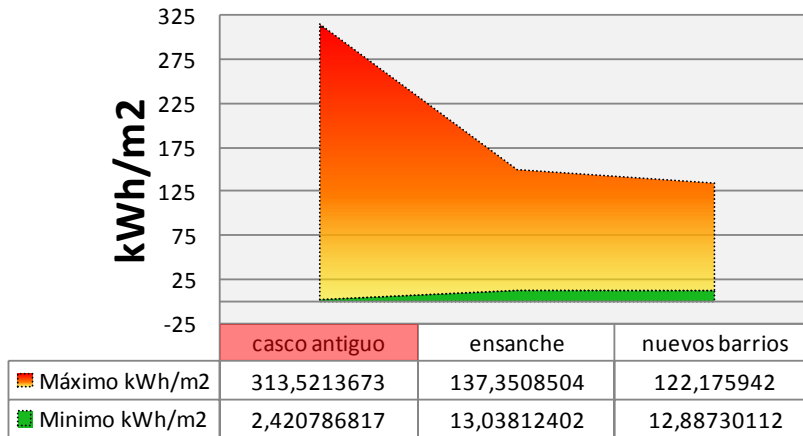
- Zona Climática **C1** (Santander)
- El edificio origen no dispone de calefacción ni refrigeración, instalaciones que se añaden en la rehabilitación, ofrecen un mayor confort.

% MÁXIMA MEJORA:

- Zona Climática **D2** (Valladolid)
- Compuesto por:
 - caldera condensación para ACS
 - sistema VRV para producir calefacción y refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

4. Análisis de resultados

Consumos por Tipo de Barrio

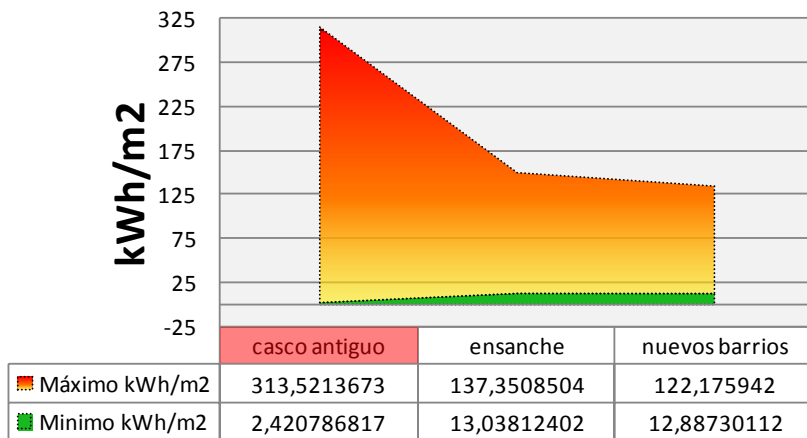


CONSUMO MÁXIMO:

- **Casco antiguo** (Burgos)
- Compuesto por:
 - caldera baja t^a para ACS
 - sistema inverter para producir calefacción y refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

4. Análisis de resultados

Consumos por Tipo de Barrio



CONSUMO MÁXIMO:

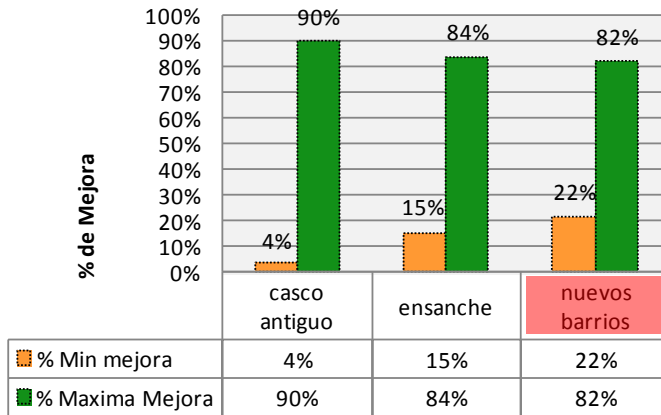
- **Casco antiguo** (Burgos)
- Compuesto por:
 - caldera baja t^a para ACS
 - sistema inverter para producir calefacción y refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

CONSUMO MÍNIMO:

- **Casco antiguo** (Santander)
- Compuesto por:
 - caldera condensación para ACS
 - sistema VRV para producir calefacción y refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

4. Análisis de resultados

Mejora por Tipo de Barrio

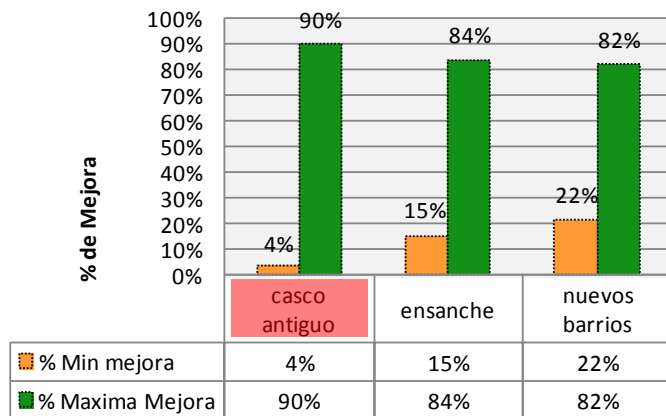


% MÍNIMA MEJORA:

- **Nuevos Barrios** (Burgos)
 - termo acumulador para ACS
 - caldera de condensación para calefacción
 - sistema VRV para refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

4. Análisis de resultados

Mejora por Tipo de Barrio



% MÍNIMA MEJORA:

- **Nuevos Barrios** (Burgos)
 - termo acumulador para ACS
 - caldera de condensación para calefacción
 - sistema VRV para refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

% MÁXIMA MEJORA:

- **Casco antiguo** (Valladolid)
 - caldera condensación para ACS
 - sistema VRV para producir calefacción y refrigeración
 - sistema de ventilación con recuperación de calor
 - iluminación con tecnología LED

5. Conclusiones

5. Conclusiones

Herramienta software E4Rsim:

5. Conclusiones

Herramienta software E4Rsim:

- Fácil manejo

5. Conclusiones

Herramienta software E4Rsim:

- Fácil manejo
- Enfoque totalmente práctico

5. Conclusiones

Herramienta software E4Rsim:

- Fácil manejo
- Enfoque totalmente práctico
- No necesita instalación previa en equipo

5. Conclusiones

Herramienta software E4Rsim:

- Fácil manejo
- Enfoque totalmente práctico
- No necesita instalación previa en equipo

Análisis máximos y mínimos:

5. Conclusiones

Herramienta software E4Rsim:

- Fácil manejo
- Enfoque totalmente práctico
- No necesita instalación previa en equipo

Análisis máximos y mínimos:

- Conjunto de equipos que producen **Consumos mínimos y porcentajes de mejora máximos**, suelen estar formados por:
 - Caldera condensación ACS
 - Sistema VRV para frío y calor
 - Sistema ventilación con recuperación de calor
 - Iluminación con tecnología LED

5. Conclusiones

Herramienta software E4Rsim:

- Fácil manejo
- Enfoque totalmente práctico
- No necesita instalación previa en equipo

Análisis máximos y mínimos:

- Conjunto de equipos que producen **Consumos mínimos y porcentajes de mejora máximos**, suelen estar formados por:
 - Caldera condensación ACS
 - Sistema VRV para frío y calor
 - Sistema ventilación con recuperación de calor
 - Iluminación con tecnología LED
- Edificios que presentan **mayor consumo** de kWh/m² están situados en el **casco antiguo**

5. Conclusiones

Herramienta software E4Rsim:

- Fácil manejo
- Enfoque totalmente práctico
- No necesita instalación previa en equipo

Análisis máximos y mínimos:

- Conjunto de equipos que producen **Consumos mínimos y porcentajes de mejora máximos**, suelen estar formados por:
 - Caldera condensación ACS
 - Sistema VRV para frío y calor
 - Sistema ventilación con recuperación de calor
 - Iluminación con tecnología LED
- Edificios que presentan **mayor consumo** de kWh/m² están situados en el **casco antiguo**
- Conjuntos de instalaciones con mínimo o máximo consumo \neq a instalaciones que aportan el mínimo y máximo porcentaje de mejora.

*“A mis padres por dedicarse plenamente a sus hijos y nietas.
Yeni, Juan, Nacho y Miquel por su ayuda prestada.”*